

Guide til belysningsrenovering

Introduktion

Denne guide er et værktøj til bedst muligt at imødekomme EU's forbud mod salg af T5 og T8 lysstofrør. Forbuddet har direkte indvirkning på Aabenraa Kommune, som nu står overfor en omfattende udskiftning til fordel for LED-belysning.

Guiden indeholder en introduktion til relevant lovgivning, en præsentation af forskellige tilgange til belysningsrenovering og overvejelser ift. økonomi og teknik som kommunen bør forholde sig til. Afslutningsvist findes en oversigt over de forskellige tilgange, samt en forklaring af relevante teknologier.

Lovgivning

Tilgange

Tilgange oversigt

Teknologier

EU-regulering

For at reducere kviksølvforurening i EU trådte et forbud mod kviksølvholdige lysstofrør i kraft i august 2023. Dermed er det fra august 2023 kun tilladt at bringe nye LED-rør i omsætning på det europæiske marked.

Udfordringen for Aabenraa Kommune er, at forbuddet omfatter **T5- og T8-lysstofsrør** – produkter, som udgør en væsentlig andel af belysningen på skolerne i kommunen.

Erstatningen med LED-belysning forventes at lede til energibesparelser, øge lyskvaliteten og holdbarheden samt reducere affaldsmængden.



Bestemmelser jf. Bygningsreglementet

I forbindelse med en belysningsrenovering er det vigtigt at være opmærksom på gældende regler i bygningsreglementet. Kravene i bygningsreglementet er som udgangspunkt målrettet nybyg, men i § 383 fremgår det, at kravene også skal følges ved renovering af belysningsarmaturer. I hvilke tilfælde gennemgås under de forskellige tilgange.

Relevante bestemmelser i BR18 er § 377 - § 384, som omhandler:

- Lys og udsyn (§ 377)
- Elektrisk belysning (§ 382 - 384)

Bestemmelser jf. Bygningsreglementet

Lys og udsyn (§ 377)

Bestemmelsen har til formål at sikre, at der er tilstrækkeligt med dagslys og udsyn samt tilstrækkelig elektrisk belysning i forhold til anvendelsen. Herunder at projektering og udførelse skal ske under hensyn til, at undgå unødigt energiforbrug og varmetilførsel, samt minimere blændingsgener.

Elektrisk belysning (§ 382 - § 383)

Bestemmelserne omhandler, at den elektriske belysning *skal* være **energieffektiv** og arbejdspladsbelysning *skal* udføres i overensstemmelse med **DS/EN 12464-1** Lys og belysning, se tabellen ovenfor for LUX grænseværdier. Hvis der kan opnås den fornødne rentabilitet, skal den elektriske belysning være med **automatisk lysstyring vha. lux-målere** (især til zoneopdeling), være forsynet med **PIR/bevægelsesmeldere**, og belysningsanlæg skal desuden være **opdelt i zoner til dagslystyring**.

Funktionsafprøvning (§ 384)

Bestemmelsen opstiller kravene for en funktionsafprøvning. Ved en funktionsafprøvning påviser man om eksisterende armaturer, eller nye armaturer lever op til **DS/EN 12464-1**. Dvs. at belysningen lever op til luxmålingerne i tabellen ovenfor, og andre krav såsom regelmæssighed (U0) og blændingsindeks.

Område	Lux	Regelmæssighed, U ₀
Gange og trapper	100	0,4
Arbejdspladser, el. vedvarende læsning	500	0,6
Klasselokaler	300	0,6
Biblioteksreoler (på bogryggene)	200	

OBS. Aabenraa Kommune har en intern retningslinje om at hele klasselokalet anses som en arbejdsplads, og derfor bør belysningen i klasselokaler være mulig at justere op til 500 lux

Bestemmelser jf. Bygningsreglementet

§ 384 - Funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvningen udføres skal følgende være opfyldt:

- **Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret** med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring. Nye lyskilder skal have **overstået indebrændingstid (mindst 100 timers drift)**.
- Alle indvendige bygningsdele, fx skillevægge, nedsænkede lofter, indvendige døre, er færdige og overfladerne er færdigbehandlede. **Der er ikke dagslysendfald under måleperioden** fra vinduer, yerdøre med glas, ovenlysvinduer eller ovenlyskupler m.m. **Målingen kan derfor med fordel udføres om natten.**
- Evt. opsatte **PC-skærme er slukkede under måling** på kontorarbejdspladser og lign.
- For at sikre en konstant lysudsendelse fra lyskilderne, bør **belysningen være tændt mindst 1 time, før belysningsstyrkemålingerne** påbegyndes.

Målepunkter

Som målepunkter **udvælges et grid, der dækker mindst 25% repræsentative arbejdspladser** (dog mindst svarende til én arbejdsplads) og enkelte typiske målesteder i områder med normal færdsel, fx gange og trapper. Antallet af målepunkter i et grid kan bestemmes ved brug af tabel A.1 i DS/EN 12464-1. **Hvis afprøvningen påviser fejl, øges omfanget af repræsentative arbejdspladser til 100%.**

Hvis arbejdspladserne endnu ikke er indrettet inden funktionsafprøvningen, må der antages arbejdspladszoner mm. Antagelserne skal beskrives i dokumentationen for funktionsafprøvningen.

Måling af belysningsstyrken kan for eksempel **foretages med et kalibreret luxmeter** og udføres, **jf. DS/EN 12464-1, kap. 6.** – kalibrering bevises ved, at luxmeter viser 0 lux i mørkt rum.

Grid Størrelse (pr længde og bredde)	1 m	5 m	10 m	50 m	100 m
Mellemrum mellem målere	0,2 m	0,6 m	1 m	3 m	5 m

Område	Lux
Gange og trapper	100
Arbejdspladser, el. vedvarende læsning	500
Klasselokaler	300
Biblioteksreoler (på bogryggene)	200

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis lysmålinger lever op til ovennævnte tabel. Der kan accepteres en afvigelse på 10 % grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Det samlede resultat
- Oplysninger om, hvem der har udført funktionsafprøvning.

Krav til dokumentation

Ved installation af LED-lyskilder er der dokumentationskrav til, at leverandøren leverer følgende dokumentation:

- Hvis ombygning er nødvendig, skal der leveres mærkater, som kan klistres på armaturet og som oplyser, at armaturet er ombygget, samt hvilken ende af armaturet som røret skal monteres i (se eksempel på mærkat til højre).
- CE-mærkning af lyskilden, som viser, at produktet lever op til EU-lovgivningen, som produktet er omfattet af.

**Armaturet er ombygget til LED-rør.
Konventionelle rør må IKKE monteres.
Kun for disse rør:
Type T8 LED / G13 / Ø = 26mm /1200
mm 230 V / 50 Hz / 95 mA / 18 W**

Eksempel på mærkning af ombygget armatur

Tilgange

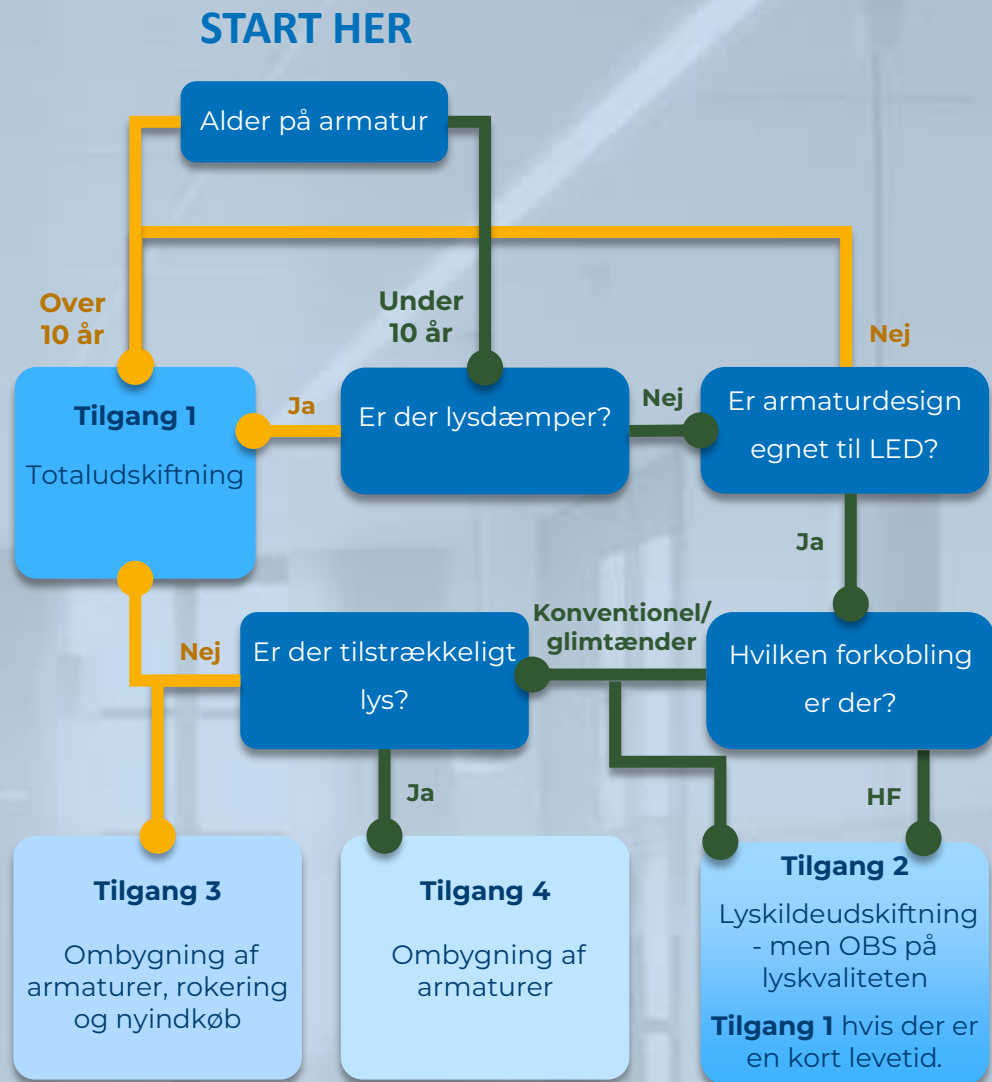
For at imødekomme udfasningen af T5- og T8-lysstofrør kan fire tilgange til lysrenovering anvendes.

Tilgang 1: Totaludskiftning

Tilgang 2: Lyskildeudskiftning uden ombygning

Tilgang 3: Ombygning af armaturer, rokering internt og delvis nyindkøb

Tilgang 4: Ombygning af armaturer



Tryk her for kontaktpersoner, hvis I ønsker hjælp og sparring til valg af den rigtige løsning

Tilgang 1

Totaludskiftning

Ved en total udskiftning af armaturer udskiftes hele armaturet med et nyt LED-armatur. Her erstattes armatur og lysstofrør med et LED-armatur. I et LED-armatur kan man ikke udskifte lyskilden, men til gengæld har den en meget lang levetid.

Den store fordel ved totaludskiftning er, at man er sikker på, at lysarmaturet er gearret til BR18 kravene til lyskvalitet. Det er den nemme vej, men også den dyreste. Nye armaturer giver ofte større fleksibilitet i farvetemperatur og lysstyringer samt mere lys/Watt end et ombygget armatur.



Her aktiveres BR-bestemmelserne i § 382 og § 383

Fordele

- Nem overholdelse af BR18 krav
- Minimalt forberedende arbejde
- Mest energieffektiv (lav lumen/watt)

Ulemper

- Dyrt
- Aktivering af BR18 § 382 og § 383
- Mindre ressourceeffektivt

Tilgang 1

Totaludskiftning

Ved installation af nye armaturer finder Bygningsreglementets § 382 og § 383 anvendelse. De nye LED-armaturer bliver dermed forbundet med lysstyrkeregulering (dagslysstyring) og kan med fordel også blive forbundet med bevægelsessensorer (PIR) mv. som imødekommer bestemmelser i Bygningsreglementet (§ 382 - § 383).

Denne tilgang anses for at være den simpleste ift. lovgivning, men også den dyreste, da det kræver en større samlet investering i nye armaturer, sensorer, automatik og installation.

Installationen vil medføre betydelige energibesparelser, som følge af LED-teknologiens ca. 50% mindre elforbrug end konventionel belysning. Dertil tillægges besparelser fra dagslysstyringen og PIR sensor, hvilket ofte reducerer lyskildens forbrug med yderligere 20-30%. Varmelasten fra LED er markant lavere, hvilket vil forårsage en mindre varmeudgift for at kompensere for dette.

Fra et ressourcemæssigt perspektiv er tilgangen ikke den mest effektive, da man bortskaffer funktionsdygtige belysningskomponenter, der kunne være blevet benyttet i længere tid.

Totaludskiftning er dyrt, men betaler sig ofte da det er nemmere at imødekomme bestemmelserne i Bygningsreglementet.

Det dyreste ved totaludskiftningen vil oftest være armaturer, og derudover behovet for at øge antallet af lyskilder. Det er vigtigt at gøre sig klog på armaturet, der investeres i.

Dyrere armaturer giver en længere tilbagebetalingstid. Ofte kan det dog betale sig, som følge af længere levetid hvilket giver afkast på længere sigt.

Tilgang 2

Lyskildeudskiftning uden ombygning

Én-til-en udskiftning af lysstofrør med LED-lysrør kan foretages for armaturer, som er egnet til det. Her udskifter man blot lyskilden med en ny på samme måde, som hvis den eksisterende lyskilde er gået i stykker. Der er en række forhold, som der skal tages højde for, for at afgøre om det er en god idé i netop dit tilfælde.

- 1. Armaturets design:** Er armaturet designet til at udnytte, at lysstofrøret har en 360 graders lysspredning, anbefales det ikke at udskifte lyskilden til LED, da LED-lysrør kun lyser nedad i ca. 120 graders vinkel. Køb i stedet en ny lyskilde.
- 2. Forkoblingsenhed:**
 - Har lysarmaturet en konventionel forkobling (glimtænder) er det nemt at skifte lyskilde uden ombygning. Dog findes endnu et stort energitab i forkoblingen, hvorfor "Tilgang 4" bør overvejes.
 - Har armaturet en elektronisk (HF) forkobling, skal du notere dig forkoblingens serienummer og identificere erstatningsrør, som er kompatible med netop den forkobling. Dette gøres via producenternes kompatibilitetstabeller.

Her finder BR- bestemmelserne ikke anvendelse

Fordele

- Der er ikke tale om en ombygning, og derfor finder BR-bestemmelser ikke anvendelse.
- Billigste løsning på kort sigt.

Ulemper

- Dårlig mulighed for erstatning af forkoblinger i fremtiden
- Stadig energitab i forkoblinger
- Ikke sikkert at der er tilstrækkelig belysning

Tilgang 2

Lyskildeudskiftning uden ombygning

Ud fra et økonomisk perspektiv er denne tilgang den billigste løsning, da man sparer investeringen i nye armaturer.

Tilgangen er dog udfordret af, at færre producenter udbyder de rette HF-forkoblingsenheder pga. udfasningen af T5 og T8 lysstofrør.

En forkoblingsenhed har også en levetid på 50.000 timer, derfor skal der tages højde for, at den sagtens kan svigte, før det nye LED-lysrør gør. Er armaturet over 10 år, kan det som regel ikke betale sig alene at udskifte lyskilden, da den resterende levetid af forkoblingen er kort og erstatninger er svære at skaffe.

- Et LED lysrør koster 70-100% mere end et T5 eller T8 lysrør, men driften koster det halve.
- En forkoblingsenhed koster nogenlunde det samme som et LED lysrør
- Uagtet behov for ny forkobling er dette den billigste løsning



Tilgang 3

Ombygning af armaturer, intern rokering og nyindkøb

I denne tilgang antages det, at Tilgang 2 ikke er en mulighed og BR18 § 382 aktiveres under alle omstændigheder.

I denne tilgang ombygges alle egnede eksisterende lysarmaturer, som i Tilgang 4. Armaturerne placeres iht. en lyssimulering. I det tilfælde, at lyskvaliteten ikke er god nok, rokeres armaturer internt, så antallet af armaturer i nogle lokaler øges. Dette efterlader lokaler uden lys. I disse lokaler installeres nye lyskilder som i Tilgang 1. På denne måde genbruges eksisterende lysarmaturer og omkostningen til nye lyskilder reduceres markant.

Fra et ressourcemæssigt perspektiv er det en god idé at bruge eksisterende lysarmaturer, hvis de stadig har en fornuftig resterende levetid.

Her aktiveres BR-bestemmelserne i § 382 og § 383

Fordele

- Ressourceeffektiv efterlevelse af BR18 krav
- Store energibesparelser
- Intet forkoblingstab

Ulemper

- Foranalyse
- Ombygning samt markering herom
- BR18's § 382 og § 383

Tilgang 3

Ombygning af armaturer, intern rokering og nyindkøb

Løsningen er mindre kompliceret end en totaludskiftning, dog skal alle krav stadig efterleves. Derfor skal de ombyggede armaturer anvendes iht. en ny lyssimulering.

Økonomien af denne tilgang er afhængig af, hvor mange nye lyskilder, der skal købes, og hvor mange armaturer, som skal ombygges af en autoriseret elektriker. Det er en særligt rentabel løsning i tilfældet af, at man alligevel tager nogle rum ud af drift, og dermed kan genbruge deres armaturer i andre rum.

Tiltaget kan også skabe grobund for etablering af en materialebank af armaturer til ombygning, som kan deles/købes på tværs af skolerne, såfremt nogle skoler ikke har nok i egne armaturer, og andre skoler har overskud efter nyindkøb.

Eksempel:

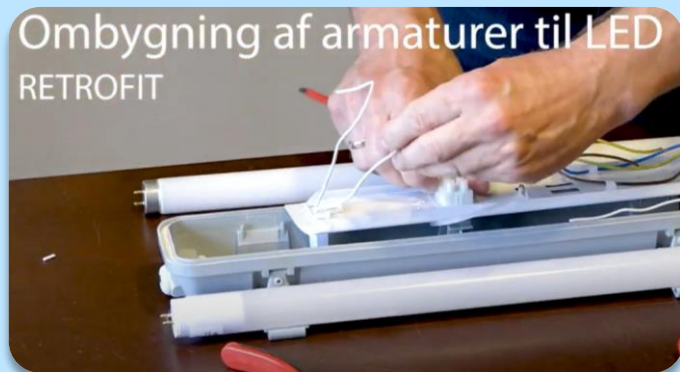
Rum 1 og rum 2 har hver **8 lyskilder, som kan ombygges til at modtage LED**. En ny lyssimulering fastlægger dog, at der er behov for **12 lyskilder** pr. rum. Ved at **tage 4 lysarmaturer fra Rum 2, ombygge dem og rokere rundt på de 8 eksisterende lys i Rum 1** kan det **passe med lyssimuleringen**. Hvormed at Rum 2 enten tages ud af brug, eller der købes 8 nye armaturer, så Rum 2 kan tages i brug igen.

Tilgang 4

Ombygning af armaturer

I denne tilgang ombygges de gamle T5- og T8-armaturer til at kunne fungere med LED-lysrør. Med en ombygning aktiveres BR18 bestemmelserne, og det skal dermed dokumenteres, at disse kan efterleves – ellers se Tilgang 3. Dokumentation kan foregå ved måling eller simulering.

Vær særligt opmærksom på, at der skal eftermonteres dagslysstyring og evt. PIR-styring af armaturerne, som følge af BR18 bestemmelserne.



Her aktiveres BR bestemmelser i § 382 og § 383

Fordele

- Genbrug af armaturer
- Energibesparelser ved LED
- Intet forkoblingstab
- Stor energibesparelse

Ulemper:

- Foranalyse
- Ombygning samt markering herom
- BR18's § 382 og § 383

Tilgang 4

Ombygning af armaturer

Ved ombygning af armatur finder bestemmelserne i Bygningsreglementers § 382 og § 383 anvendelse. Dermed skal der foretages nye lysmålinger og installeres automatisk dagslysstyring. Ombygning af armaturer vil medføre større energibesparelser end Tilgang 2, da forkoblingstabet (13-55% for konventionel forkobling) fjernes. Energibesparelsen er dog stadig en smule lavere end Tilgang 1, som følge af lysrørs lavere lysudbytte end LED-flader.

Selve ombygning tager ca. 15 min/armatur og skal foretages af en autoriseret elinstallatør. Efter en ombygning skal det markeres, at armaturet er blevet ombygget til LED, så konventionelle rør ikke monteres.

OBS.

Det er vigtigt at undersøge, hvorvidt armaturet egner sig til at blive ombygget samt undersøge, hvor gammelt armaturet er. Det kan ofte ikke betale sig at ombygge ældre armaturer.

Overblik over tilgange

Tilgang	Investering	Energibesparelse	Ressourceeffektivitet	Overvejelser
1. Totaludskiftning	Den mest investeringstunge tilgang, men også den med længst holdbarhed og størst energieffektivitet.	Store energibesparelser sammenlignet med konventionelle rør.	100% nye materialer. Ingen genbrug. Mindst ressourceeffektive tilgang.	<p>Ved en totaludskiftning helgarderer man sig ift. de nyeste teknologier ifm. styring, farvetemperaturer og energieffektivitet.</p> <p>Nyindkøbte lyskilder imødekommer gældende EU-lovning. Bortskaffelse af funktionsdygtige armaturer og lyskilder.</p>
2. Lyskildeudskiftning uden ombygning	Den billigste tilgang, hvis armaturet er egnet til LED-lysrør (obs. på armaturets stand. Måske kan en totaludskiftning bedst betale sig).	Energibesparelser ved udskiftning til LED. Energitab i forkoblingen fjernes dog ikke.	Meget ressourceeffektiv metode. Udelukkende køb af nye LED-lysrør. Knap så fremtidssikret som tilgang 4, da adgangen til nye LED erstatningsrør må forventes at falde over tid.	<p>Afhængig af den resterende levetid på forkoblingen, kan det være en ugunstig investering.</p> <p>Man bør være opmærksom på, at det kan blive vanskeligt at anskaffe kompatible forkoblinger fremadrettet</p> <p>Er armaturet over 10 år, er det, på lang sigt, som regel ikke værd at udskifte lyskilde.</p>
3. Ombygning af armaturer, rokering internt og delvis nyindkøb	Billigere tilgang, sammenlignet med Tilgang 1, som følge af færre nyindkøbte armaturer.	Næst højeste energibesparelse, som følge af delvist nye armaturer med høj effektivitet, samt fjernelse af forkoblingstab, som i tilgang 4.	Delvist nyindkøb. Resten af armaturerne er genbrug. Såfremt lyskvaliteten ikke kan indfries via tilgang 2 eller 4, vil dette være den mest ressourceeffektive tilgang.	<p>Ved en ombygning og intern rokering af armaturer, genbruges og udnyttes ressourcerne bedst.</p> <p>Ifm. ombygningen gælder samme opmærksomhedspunkter som ved tilgang 4.</p> <p>Brugte armaturer kan deles bygninger og skoler imellem.</p>
4. Ombygning af armaturer	Her sparer man indkøb af nye armaturer. Sammenlignet med tilgang 2 følger her en installatøruddgift ifm. ombygning af armaturerne.	Større energibesparelse end Tilgang 2, da forkoblingstab fjernes.	Armaturer bibeholdes og fremtidssikres ved ombygning.	<p>Ved en ombygning, er det vigtigt at sikre sig, at armaturet er velegnet til at blive ombygget. Er armaturet af ældre dato kan det sandsynligvis ikke svare sig.</p> <ul style="list-style-type: none">• BR18 § 382 og § 383 skal efterleves.• Krav om installation af automatisk dagslysstyring <p>Ved ombygning af armaturer skal det markeres, at armaturet er ombygget til LED og ikke længere fungerer til konventionelle rør.</p>

Teknologier

- LED (Light Emitting Diode) er en teknologi, hvor lys produceres ved at sende elektrisk strøm gennem en halvleder. I modsætning til de konventionelle lyskilder udstråler lyskilden lys frem for at producere varmeenergi. Dette er langt mere energieffektivt. LED-lyskilder har et 50-70 % mindre strømforbrug end konventionelle lyskilder. Dertil har LED-lyskilder en op til tre gange længere levetid sammenlignet med konventionelle lyskilder.
- PIR (Passive Infrared Sensor) bruges i belysning til at registrere bevægelse i et område. Sensoren opfanger bevægelser i rummet og tænder og slukker automatisk lyset efter behov. Derigennem gør brugen af PIR, at lyskildens forbrug reduceres med 20-30% afhængigt af lokalets brug.



Vigtige parametre ifm. valg af lyskilde:

- **UGR (Unified Glare Rating):** Mål for blænding. Ønsket UGR i arbejdsområder: < 19.
- **CRI/Ra:** Indeks for farvegengivelse. Anbefales > 80.
- **Lysudbytte (Lm/W):** Effektiviteten af lyskilden. Henviser til lysmængde per watt.
- **Lumen (Lm):** Mål for lysstyrke.
- **Farvetemperatur (K):** Måling af lysets farve, fra varm (lav K) til kold (høj K).
- **HF-forkobling:** Effektiv teknologi, der reducerer energitab i forhold til konventionel forkobling.
- **Glimtænder:** Teknologi, der starter lysstofrør ved at skabe forbindelse mellem elektroder. Ses i konventionelle forkoblinger.